

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТОНКОГО ФІНІШНОГО РОЗТОЧУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОТВОРІВ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ЇХ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОМУ РЕМОНТІ

Відновлювальний ремонт автомобільних деталей із циліндричними отворами (блоки та гільзи циліндрів, корпуси підшипників, гідравлічні вузли, посадочні місця під направляючі) часто передбачає вибір: розточування під ремонтний розмір, встановлення втулки/гільзи з подальшим фінішем або заміну деталі. Тонке фінішне розточування (зокрема, з наступним розвертанням або коротким хонінгуванням) залишається одним із найекономічніших способів досягти необхідної геометричної точності та якості поверхні без повної заміни вузла. Нижче розглянуто техніко-економічні та якісні аспекти застосування цього процесу з опорою на західні джерела, а також практичні рекомендації для СТО та ремонтних цехів.

У типовому маршруті відновлення отвір спочатку обробляють чорним розточуванням до ремонтного розміру, після чого виконують тонке фінішне розточування/розвертання для забезпечення розмірної точності, круглості й малих коливань діаметра, а при потребі додатково проводять короткий цикл хонінгування для формування потрібної мікрогеометрії. Професійні керівництва з відновлення двигунів наголошують: ключ до ресурсу це правильний вибір припуску під фінішну операцію та стабільність процесу, щоби уникнути конусності, овальності і слідів вібрацій ("шаберу").

Європейські дослідження процесів розвертання/тонкого розточування показують, що режим різання, конусність інструмента, жорсткість тримача і мастильно-охолоджувальні умови істотно впливають на геометрію отвору, шорсткість та інтегральний стан поверхневого шару (залишкові напруження, мікротвердість). Позитивний ефект дає мінімальне змащування (MQL): при правильному налаштуванні воно забезпечує порівнянню з традиційним охолодженням точність і шорсткість, зменшуючи витрати рідини та розсіювання результатів. У процесах високої точності також підтверджено вплив конструкції державки/оправки: демпфовані та композитні тримачі істотно знижують амплітуду коливань, що напряду покращує Ra, Rz і круглість.

Найкритичніша причина браку при глибокому внутрішньому точінні це вібрації консольної борштанги. Західні роботи [1, 2] демонструють два ефективні підходи: по-перше, інтегровані настроювані демпфери маси (TMD) усередині оправки; по-друге використання внутрішніх сердечників із вуглепластику (CFRP), які підвищують власну частоту та коефіцієнт демпфування. Обидва рішення зміщують межу стійкої роботи в бік більших подач і швидкостей без появи шабера, що прямо підвищує продуктивність відновлювальних операцій.

Для ремонтних майстерень ключовим питанням є співвідношення «якість/витрати/час». Практичні керівництва і галузеві огляди вказують, що точне розточування з подальшим коротким хонінгуванням або без нього дозволяє відновити отвір до ремонтного розміру з контрольованою посадкою, уникаючи заміни корпусної деталі чи блоку. Використання MQL знижує витрати на охолоджувально-мастильні матеріали (часто 7–17% собівартості обробки), а демпфовані оправки скорочують час доведення та кількість «перепроходів». Загалом, завдяки підвищенню стабільності процесу досягається менше відхилення розміру та шорсткості з першого разу, що прямо зменшує брак і переробки.

Практичні рекомендації для СТО та ремонтних цехів будуть наступні. Потрібно забезпечити припуски: залишати 0,02–0,08 мм під фінішне розточування/розвертання; за потреби додатково 0,01–0,03 мм під короткий хонінг. Застосовувати демпфовані оправки або оправки з CFRP-ядром при $L/D > 4-5$; налаштувати TMD під робочу частоту. Використовувати MQL або високоефективні мастильно-охолоджувальні рідини із цілеспрямованою подачею в зону різання; контролювати температуру. Оптимізувати геометрію інструменту: малий задній кут і позитивна геометрія для чистового різання та мікрофаска для стабільної кромки. Перевіряти тримач/патрон: високоточні затискачі (shrink-fit/HSK) помітно зменшують биття й коливання. Проводити контроль якості: контроль круглості/циліндричності, Ra (типово 0,4–1,0 мкм після розточування; нижче після короткого хонінгу).

Таким чином, тонке фінішне розточування є технологічно і економічно ефективною операцією технологічного процесу відновлювального ремонту циліндричних отворів автомобільних деталей. Комбінація коректних режимів, демпфованих інструментальних систем та раціонального змащування (MQL) забезпечує стабільну геометрію, низьку шорсткість і передбачуваний стан поверхневого шару. Для більшості ремонтних сценаріїв це дозволяє скоротити цикл ремонту і підвищити ресурс вузла.

Список літератури:

1. Thorenz B., Friedrich M., Westermann H.-H., Döpper F. Evaluation of the Influence of Different Inner Cores on the Dynamic Behavior of Boring Bars. *Procedia CIRP*, 2019. URL: <https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/d17ef60c-6cf0-4502-b485-f135ed60c155/download>
2. Sørby K., et al. Development and Optimization of Vibration-Damped Tool Holders (TMD for Boring Bars). (Portico) URL: <https://access.portico.org/Portico/show?auId=phx34dxjdh4&viewFile=pdf>